

Peluang Hidrogen sebagai Bahan Bakar Alternatif di Indonesia

Rahmiani Gani, Syarifah Rabiatal Adawiah, Arfiani Nur, Titik Andriani

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Email: rahmiani.gani@uin-alauddin.ac.id

Abstrak

Tulisan ini bertujuan untuk melihat peluang penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar alternatif khususnya di Indonesia yang ke depannya diharapkan dapat menggantikan sumber daya dari bahan fosil yang semakin menipis. Indonesia dengan sumber air yang melimpah diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan utama produksi hidrogen melalui proses elektrolisis. Teknologi sederhana dengan biaya yang lebih murah serta komponen yang mudah diperoleh dapat dikembangkan lebih baik dengan tetap mengharapkan hasil produksi hidrogen lebih baik. Pemilihan elektroda yang tepat diharapkan mampu meningkatkan efisiensi produksi hidrogen. *Stainless steel* sebagai salah satu material konduktif yang murah, mudah diperoleh dan sederhana dalam penggunaannya dapat menjadi elektroda dalam proses elektrolisis air. *Stainless steel* adalah elektroda konduktif yang dapat dikomersilkan untuk produksi hidrogen dalam skala yang lebih besar dan diharapkan bisa dikembangkan untuk aplikasi yang lebih luas.

Keywords: Hidrogen, Air, Elektrolisis, *Stainless steel*, Elektroda

A. Pendahuluan

Energi merupakan komponen penting dalam kelangsungan hidup di muka bumi karena hampir setiap aktivitas bergantung pada ketersediaan energi. Bahan bakar fosil sebagai sumber bahan bakar utama saat ini semakin menipis, sedangkan kebutuhan akan energi semakin besar sebagai dampak semakin bertambahnya populasi. Di Indonesia bahkan tingkat ketergantungan terhadap bahan bakar fosil lebih tinggi. Berdasarkan data Kementerian ESDM, pada tahun 2016 energi terbesar bersumber dari minyak bumi yaitu sekitar 41,73%, batubara sekitar 30,48% dan gas bumi sekitar 23,37%. Konsumsi dan produksi bahan bakar fosil yang tidak berimbang mendorong upaya untuk memproduksi energi alternatif yang mampu mengimbangi laju konsumsi energi. Penyediaan energi terbarukan saat ini tengah

menjadi topik pembahsan para peneliti, salah satunya yaitu produksi hidrogen sebagai energi alternatif.

Hidrogen dapat dihasilkan dari berbagai sumber daya serta merupakan produk sampingan dari proses kimia lainnya. Berbagai metode produksi hidrogen seperti metode *steam reforming* gas alam seperti gas metana atau bahan bakar fosil lain, seperti batu bara dan minyak bumi. Sekitar 96% produksi hidrogen berasal dari bahan bakar fosil yang tak terbarukan, khususnya metana (Borgschulte, 2016). Namun, dampak penggunaan bahan bakar fosil ini menghasilkan hidrogen dengan tingkat kemurnian yang lebih rendah serta hasil samping berupa gas rumah kaca yang berbahaya (Holladay, 2009).

Sejauh ini, Indonesia belum benar-benar serius dan tertarik untuk mengembangkan teknologi dalam memproduksi hidrogen sebagai energi alternatif. Produksi hidrogen di tingkat industri masih sangat terbatas. Faktor biaya dan teknologi masih menjadi kendala utama, selain faktor ketertarikan dan kesadaran masyarakat sendiri akan pentingnya penyediaan energi alternatif.

Salah satu alternatif pengganti produksi energi berbasis bahan bakar fosil yang menarik perhatian adalah produksi hidrogen dari air yang ramah lingkungan. Metode produksi hidrogen yang ramah lingkungan dengan kemurnian tinggi (99,999%) dapat diperoleh dari elektrolisis air yang menghasilkan hidrogen dan oksigen murni (Kumar dan Himabindu, 2019)

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan. Air memiliki jumlah yang sangat melimpah khususnya air asin di laut sekitar 1.337 juta km³. Apabila air dikelola dengan baik maka air dapat menjadi sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Hidrogen disebut sebagai pembawa energi bersih karena pembakarannya hanya menghasilkan air sebagai produk. Terlepas dari kenyataan bahwa penemuan elektrolisis air pertama kali diamati pada suasana asam, di pabrik-pabrik industri media basa lebih disukai, karena korosi lebih mudah dikontrol dan bahan konstruksi yang lebih murah dibandingkan dengan teknologi elektrolisis asam.

Pemanfaatan air untuk produksi hidrogen sangat mungkin dikembangkan lebih besar. Produksi hidrogen dari air dengan cara elektrolisis dianggap lebih

mudah dan lebih sederhana dibanding metode yang lain. Pemilihan elektroda yang tepat dapat mengoptimalkan efisiensi kerja dalam elektrolisis air. Elektroda logam mulia seperti platinum dan emas terbukti memberikan efisiensi kerja yang cukup menjanjikan, namun harganya yang relatif mahal sehingga kurang menguntungkan dari segi ekonomis. Penggunaan logam non platinum sebagai elektroda dalam elektrolisis dapat menjadi alternatif dengan hasil yang diharapkan tidak mengecewakan. *Stainless steel* merupakan material yang tergolong murah dan mudah diperoleh, tahan terhadap korosi dan oksidasi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai elektroda pada proses elektrolisis air.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang pengembangan produksi hidrogen sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian dilakukan dengan mengembangkan metode produksi hidrogen yang lebih sederhana dan terjangkau dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk skala yang lebih besar.

B. Metode Penelitian

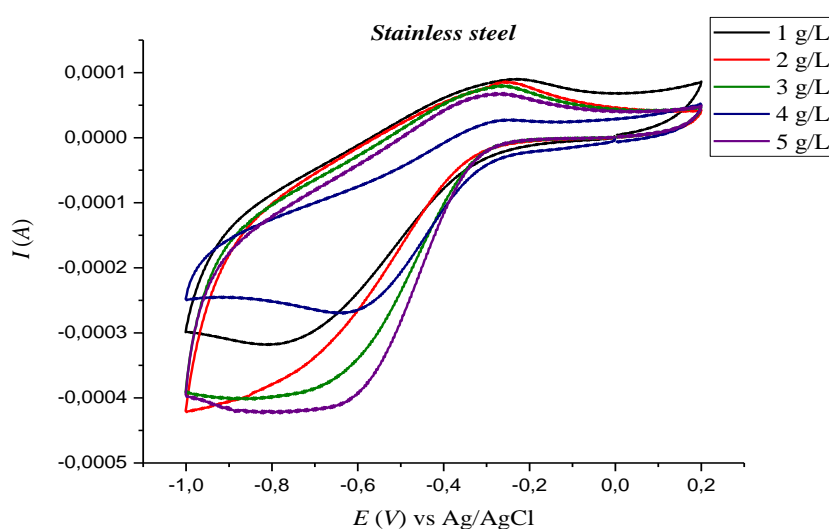
Plat *stainless steel* dipotong dengan ukuran 10 cm x 0,5 cm, dicuci dan dibersihkan dengan kertas abrasif. Kemudian dibilas dengan aseton dan etanol menggunakan sonikator, lalu dibilas dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada 100°C selama 12 jam.

Proses elektrolisis dilakukan dengan metode voltametri siklik. Plat *stainless steel* yang telah disiapkan digunakan sebagai elektroda kerja, elektroda pembantu digunakan Pt, dan elektroda pembanding digunakan Ag/AgCl. Proses elektrolisis dijalankan dengan laju penyapuan 50 mV/detik pada tegangan -1,0 V sampai 0,2 V. Pada setiap proses elektrolisis, ditambahkan NaHCO₃ dengan konsentrasi bervariasi yaitu 1-5 g/L air. Pengamatan dilakukan dengan menentukan dan membandingkan kondisi optimum elektroda kerja *stainless steel*.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil elektrolisis elektroda *stainless steel* pada penambahan NaHCO₃ sebanyak 1-5 g/L air ditunjukkan pada Gambar (1) dan Tabel (1). Voltamogram siklik menunjukkan hasil puncak arus katodik (i_c) tertinggi ditunjukkan pada

penambahan 2 g NaHCO_3 yaitu sebesar 0,368 mA pada potensial -0,839 V, sedangkan puncak arus anodik (i_a) tertinggi juga ditunjukkan pada penambahan 2 g NaHCO_3 yaitu sebesar 0,089 mA pada potensial -0,256. Penambahan NaHCO_3 bertujuan untuk mengkatalisis proses pemecahan molekul H_2O melalui proses elektrokimia. Puncak arus katodik menunjukkan banyaknya H^+ yang teradsorpsi pada permukaan elektroda, sedangkan puncak arus anodik menunjukkan banyaknya H^+ yang terdesorpsi dari permukaan elektroda (Louise, 2012).



Gambar (1). Voltamogram siklik elektroda *stainless steel* hasil elektrolisis pada penambahan NaHCO_3 1-5 g/L air (laju penyapuan 50 mV/s, pada siklus pertama)

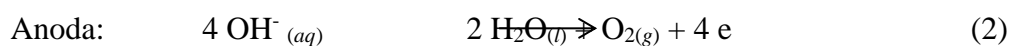
Tabel 1. Data puncak arus katodik dan anodik elektroda *stainless steel*

| No. | NaHCO_3 (g/L air) | i_c (mA) | i_a (mA) | E_c (V) | E_a (V) |
|-----|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 1. | 1 | -0,200 | 0,051 | -0,742 | -0,256 |
| 2. | 2 | -0,368 | 0,089 | -0,839 | -0,256 |
| 3. | 3 | -0,348 | 0,084 | -0,789 | 0,193 |
| 4. | 4 | -0,271 | 0,028 | -0,637 | -0,263 |
| 5. | 5 | -0,299 | 0,081 | -0,869 | -0,234 |

Kondisi optimum elektroda yaitu kondisi elektrolisis air yang menghasilkan hidrogen paling optimum atau efektivitas elektroda paling baik. Penentuan kondisi optimum dapat diperoleh berdasarkan beda potensial elektroda dalam reaksi

elektrolisis (rendemen energi). Penentuan dengan rendemen energi didasarkan pada jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses produksi hidrogen, yaitu berdasarkan besar atau kecilnya selisih antara potensial yang dibutuhkan dalam eksperimen dengan potensial teoritik (ΔV). Semakin kecil nilai ΔV atau rendemen energi yang relatif rendah, maka kemampuan katalitik suatu elektroda semakin efektif. Artinya, energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya proses elektrolisis semakin sedikit.

Beda potensial secara teoritik ditentukan dengan persamaan Nernst berdasarkan reaksi elektrolisis air sebagai berikut:



Berdasarkan persamaan reaksi di atas, dapat dituliskan persamaan untuk reaksi reduksi dan oksidasi sebagai berikut:

$$E_{\text{red}} = -0,059 \text{ pH} \quad (3)$$

$$E_{\text{oks}} = -0,197 - 0,059 \text{ pH} \quad (4)$$

Dengan E_{red} merupakan potensial adsorpsi H^+ pada permukaan elektroda, dan E_{oks} merupakan potensial desorpsi H^+ dari permukaan elektroda.

Berdasarkan persamaan (3) dan (4), dapat ditentukan potensial produksi hidrogen secara teoritik (Tabel 2), sedangkan potensial secara eksperimental ditentukan berdasarkan voltametri siklik (Tabel 3) berdasarkan harga potensial adsorpsi dan desorpsi hidrogen pada reaksi elektrolisis untuk setiap penambahan NaHCO_3 . Berdasarkan harga potensial teoritik dan eksperimen, dapat ditentukan rendemen energi atau beda potensial produksi hidrogen (ΔV), yaitu selisih antara potensial eksperimen dengan potensial teoritik (persamaan (5))

$$\Delta V = E_{\text{eksp}} - E_{\text{teori}} \quad (5)$$

Rendemen energi yang relatif paling kecil menunjukkan bahwa efektivitas elektroda dalam proses elektrolisis semakin baik, karena dibutuhkan energi lebih sedikit untuk terjadinya proses adsorpsi hidrogen untuk dapat memproduksi hidrogen lebih banyak.

Puncak arus katodik dan anodik tertinggi pada elektroda *stainless steel* diperoleh pada penambahan 2 g NaHCO_3 masing-masing sebesar 0,368 mA dan 0,089 mA.

Tabel 2. Pontesial adsorpsi H^+ (E_{red}) dan potensial desorpsi H^+ (E_{oks}) teoritik

| No. | NaHCO_3 (g/L air) | pH | E_{red} teoritik terhadap Ag/AgCl (V) | E_{oks} teoritik terhadap Ag/AgCl (V) |
|-----|----------------------------|-----|--|--|
| 1. | 1 | 8,5 | -0,699 | 0,521 |
| 2. | 2 | 8,7 | -0,710 | 0,510 |
| 3. | 3 | 8,7 | -0,710 | 0,510 |
| 4. | 4 | 8,9 | -0,722 | 0,498 |
| 5. | 5 | 8,9 | -0,722 | 0,498 |

Tabel (2) menunjukkan harga beda potensial (ΔV) elektroda dengan parameter bahwa semakin kecil nilai beda potensial, menandakan energi yang dibutuhkan untuk terjadinya proses reaksi lebih sedikit sehingga produksi hidrogen akan lebih efektif.

Tabel 3. Potensial adsorpsi (E_R) dan desorpsi H^+ (E_O) berdasarkan voltamogram siklik (eksperimen) serta beda potensial antara eksperimen dan teoritik (ΔE)

| No. | Elektroda kerja | NaHCO_3 (g/L air) | E_R terhadap Ag/AgCl | | E_O terhadap Ag/AgCl | |
|-----|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | | E_{Reksp} (V) | ΔE (V) | E_{Oeksp} (V) | ΔE (V) |
| 1. | SS | 1 | -0,742 | -0,043 | -0,256 | -0,777 |
| | | 2 | -0,839 | -0,129 | -0,256 | -0,766 |
| | | 3 | -0,789 | -0,079 | 0,193 | -0,317 |
| | | 4 | -0,637 | 0,085 | -0,263 | -0,761 |
| | | 5 | -0,869 | -0,147 | -0,234 | -0,732 |

Tabel (3) menunjukkan selisih energi antara teoritik dan eksperimen yang relatif kecil. Harga potensial yang relatif kecil menunjukkan kemampuan katalitik dalam desorpsi dan adsorpsi H^+ yang berarti kemampuan dalam memecah molekul air dalam elektrolisis.

Secara umum, produksi hidrogen dengan metode elektrolisis air dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana dan terjangkau. Pengoptimalan proses guna memperoleh hasil efisiensi energi yang lebih baik dapat dilakukan seperti pemilihan elektroda kerja yang tepat. Penggunaan *stainless steel* sebagai elektroda yang lebih murah, aman, dan proses yang lebih sederhana dapat menjadi alternatif dan perlu dikembangkan tanpa harus memilih bahan yang lebih mahal dan peralatan yang lebih kompleks.

Hidrogen merupakan alternatif energi yang digunakan sebagai bahan bakar yang mampu dikembangkan menjadi suatu energi yang terbarukan yang bisa mendukung perkembangan perekonomian bangsa. Hidrogen merupakan energi bersih yang berpotensi dikembangkan di Indonesia yang mempunyai sumber daya alam berupa air yang berlimpah. Perlu adanya kesadaran dan dukungan masing-masing pihak untuk bisa benar-benar menerapkan hal ini. Dorongan kepada para pelaku industri untuk memproduksi secara massal dengan dukungan pemerintah termasuk penyediaan dana dan teknologi yang lebih memadai. Selain itu, kesadaran masyarakat akan pentingnya penyediaan energi alternatif serta penghematan energi perlu ditingkatkan. Dengan adanya dukungan dari semua pihak, produksi, penyediaan dan penggunaan hidrogen sebagai energi alternatif sangat mungkin dikembangkan lebih luas.

Daftar Pustaka

- [1] Bard, A.J. dan Faulkner, L.R., 2001, *Electrochemical Methods Fundamental and Application*, 2nd Ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
- [2] Boreum Lee, Juheon Heo, Sehwa Kim, Choonghyun Sung, Changhwan Moon, Sangbong Moon, Hankwon Lima, 2018, Economic Feasibility Studies of High Pressure PEM Water Electrolysis for Distributed H₂ Refueling Stations, *Energy Convers. Manage.*, 162, 139–144.
- [3] Borgschulte, Andreas, 2016, The Hydrogen Grand Challenge, *Front. Energy Res.*, 4, 11.
- [4] Dewi, Eniya Listiyani, 2011, Potensi Hidrogen sebagai Bahan bakar untuk Kelistrikan Nasional, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Yogyakarta.
- [5] Forum EBTKE, 2010, Peran Penelitian Energi Baru dan Energi Baru Terbarukan dalam Mewujudkan Visi/Misi EBT 2025, *EBTKE-ESDM*.

- [6] Holladay, J. D., King, D. L., dan Wang Y., 2009, An Overview of Hydrogen Production Technologies, *Catal. Today*, 139, 244–260.
- [7] Isana, SYL., Wega Trisunaryanti, Agus Kuncaka, dan Triyono, 2012, Studies on The Hydrogen Evolution Reaction on Fe-Co-Ni/Stainless Steel Electrode, *Journal of App. Chem.*, 3(1), 6-10.
- [8] Kumar, Shiva S. dan Himabindu V., 2019, Hydrogen Production by PEM Water Electrolysis – A Review, *Material Sci. for Energy Tech.*, 2, 442-454.
- [9] Shepard, G.A. dan Mould, R.J., 1972, *Anodic Treatment for Stainless Steel*, United States Patent, No.: 3,642,586.
- [10] Torres, C.D., Falcade, T., dan Malfatti, C.F., 2012, Comparative Behavior between Nickel and Nickel-Polyaniline Composite Electrodes for Hydrogen Production, *Int. Journal of Hydrogen Energy*, 37, 3025-303/